

Attorney Docket: 038741.52686US
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: ALFRED ECKER ET AL.

Serial No.: To Be Assigned

Filed: August 25, 2003

Title: MEASURING ARRANGEMENT FOR TESTING WORKPIECES,
AND A METHOD FOR METROLOGICAL INSTRUMENTATION
OF WORKPIECES

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Mail Stop: New Application

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

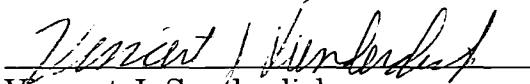
Sir:

The benefit of the filing date of prior Foreign Application No. 102 38 862.8, filed in Germany on August 24, 2002, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,

August 25, 2003



Vincent J. Sunderdick
Registration No. 29,004

CROWELL & MORING, LLP
P.O. Box 14300
Washington, DC 20044-4300
Telephone No.: (202) 624-2500
Facsimile No.: (202) 628-8844

VJS:adb

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 38 862.8

Anmeldetag: 24. August 2002

Anmelder/Inhaber: MTU Aero Engines GmbH, München/DE

Bezeichnung: Messtechnische Anordnung zur Prüfung von Werkstücken sowie Verfahren zur messtechnischen Instrumentierung von Werkstücken

IPC: G 01 M, G 01 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Hintermeier".
Hintermeier

Messtechnische Anordnung zur Prüfung von Werkstücken sowie Verfahren zur
messtechnischen Instrumentierung von Werkstücken

- 5 Die Erfindung betrifft eine messtechnische Anordnung zur Prüfung von Werkstücken sowie ein Verfahren zur messtechnischen Instrumentierung von Werkstücken.

Aus der Messtechnik sind faseroptische Bragg-Gitter-Sensoren bekannt. Durch eine strukturierte Belichtung einer optischen Faser – auch Lichtwellenleiter genannt – mit UV-

- 10 Licht, entsteht an frei wählbaren Stellen in einem Kern der optischen Faser eine permanente Brechzahlerhöhung entlang der Faserachse. Die sich daraus ergebende Modulation der Brechzahl der optischen Faser ist in ihrer Periodenlänge, Amplitude und Gesamtlänge variabel. Diese Struktur wird als Bragg-Gitter bezeichnet und ist messtechnisch nutzbar. Derartige aus dem Stand der Technik bekannte Bragg-Gitter-
15 Sensoren lassen sich als Dehnungssensoren und /oder Temperatursensoren verwenden.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine messtechnische Anordnung zur Prüfung von Werkstücken sowie ein Verfahren zur messtechnischen Instrumentierung von Werkstücken schaffen.

- 20 Dieses Problem wird durch eine messtechnische Anordnung zur Prüfung von Werkstücken gemäß Anspruch 1 gelöst. Das erfindungsgemäße Verfahren zur messtechnischen Instrumentierung von Werkstücken ist durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs
12 gekennzeichnet.

- 25 Durch den erfindungsgemäßen Einsatz der als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildeten optischen Fasern lässt sich der Instrumentierungsaufwand am Bauteil erheblich reduzieren. Instrumentierungseinflüsse, die das Verhalten des Bauteils beim Test oder bei der Erprobung beinträchtigen können, werden ebenfalls reduziert. Auch lässt sich bei
30 Verwendung der als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildeten optischen Fasern die Anzahl der Messstellen erhöhen, wodurch Testergebnisse noch aussagekräftiger werden.

Vorzugsweise ist die oder jede als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser unmittelbar auf die Oberfläche des Werkstücks aufgebracht, insbesondere aufgeklebt. Dies

erlaubt eine messtechnische Instrumentierung des Bauteils auf besonders einfache Art und Weise.

Nach einer alternativen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die oder jede als

- 5 Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser in die Oberfläche des Werkstücks integriert, wobei in die Oberfläche des Werkstücks Ausnehmungen eingebracht sind, deren Breite und Tiefe an den Durchmesser der als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern angepasst ist, und wobei in den Ausnehmungen eine optische Faser angeordnet ist. Hierdurch werden Instrumentierungseinflüsse auf das zu erprobende
- 10 Bauteil auf ein Minimum reduziert.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung sind auf einer Oberfläche des Werkstücks mehrere als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildete optische Fasern in unterschiedlicher geometrischer Konfiguration, nämlich mit unterschiedlichen

- 15 Krümmungen, angeordnet. Hierdurch lässt sich mit besonders einfachen Mitteln eine optimierte Platzierung der Messstellen bewerkstelligen.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen

Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der

- 20 Erfindung werden an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine schematisierte Darstellung der erfindungsgemäßen messtechnischen Anordnung zur Prüfung von Werkstücken.

- 25 Figur 1 zeigt stark schematisiert ein messtechnisch instrumentiertes Werkstück 10, wobei es sich bei dem Werkstück 10 um eine Schaufel einer Turbine handelt. Bei dem Werkstück 10 kann es sich jedoch auch um andere dynamisch belastete Bauteile einer Turbine handeln, so zum Beispiel um ein Gehäuseteil oder dergleichen.

- 30 Gemäß Figur 1 sind im Bereich einer Oberfläche des Werkstücks 10 mehrere als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildete optische Fasern 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 und 18 angeordnet.

Zwei erste optische Fasern 11, 18, die beide als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildet sind, sind krümmungsfrei in Form einer Geraden auf der Oberfläche des Werkstücks 10 positioniert. Gemäß Figur 1 sind diese optischen Fasern 11, 18 einem äußeren Randbereich des Werkstücks 10, nämlich der Turbinenschaufel, zugeordnet. Benachbart zu diesen beiden ersten optischen Fasern 11, 18 ist jeweils eine zweite optische Faser 12, 17 positioniert. Die beiden zweiten optischen Fasern 12, 17 sind gemäß Figur 1 derart auf der Oberfläche des Werkstücks 10 angeordnet, dass dieselben einen abgewinkelten Verlauf aufweisen, wobei ein erster Abschnitt dieser Fasern 12, 17 in etwa parallel zu den ersten optischen Fasern 11, 18 verläuft und ein zweiter Abschnitt derselben gegenüber diesem ersten Abschnitt abgewinkelt ausgebildet ist. Zwischen den beiden zweiten optischen Fasern 12, 17 sind insgesamt vier dritte als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildete optische Fasern 13, 14, 15 und 16 auf der Oberfläche des Werkstücks 10 positioniert. Den dritten optischen Fasern 13, 14, 15 und 16 ist gemeinsam, dass dieselben jeweils einen Krümmungsabschnitt aufweisen, in welchem die optische Faser 13, 14, 15 und 16 um in etwa 180° abgewinkelt ist. Im Bereich des Krümmungsabschnitts verlaufen demnach benachbarte Abschnitte einer optischen Faser 13, 14, 15 und 16 in etwa parallel zueinander. Wie Figur 1 entnommen werden kann, unterscheiden sich die Krümmungsabschnitte der dritten optischen Fasern 13, 14, 15 und 16 hinsichtlich ihrer Krümmungsradien. Die optische Faser 13 verfügt über einen Krümmungsabschnitt 19, wobei der Krümmungsradius des Krümmungsabschnitts 19 einer Maßeinheit entspricht. Ein Krümmungsradius des Krümmungsabschnitts 20 der optischen Faser 16 entspricht zwei Maßeinheiten. Dementsprechend verfügt ein Krümmungsabschnitt 21 der optischen Faser 14 über einen Krümmungsradius von drei Maßeinheiten und ein Krümmungsabschnitt 22 der optischen Faser 15 über einen Krümmungsradius von fünf Maßeinheiten. Je größer der Krümmungsradius der Krümmungsabschnitte ist, desto weiter sind die im Bereich der Krümmungsabschnitte in etwa parallel zueinander verlaufenden Abschnitte der optischen Fasern 13, 14, 15 und 16 voneinander beabstandet. Wie Figur 1 weiterhin entnommen werden kann, verfügen zwei der dritten optischen Fasern 21, 22 zusätzlich zu dem Krümmungsabschnitt von in etwa 180° über einen zusätzlichen Krümmungsabschnitt von in etwa 90° .

Auf der Oberfläche des Werkstücks 10 sind demnach mehrere als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildete optische Fasern 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 und 18 in unterschiedlicher

geometrischer Konfiguration sowie mit unterschiedlichen Krümmungen angeordnet. Auf diese Art und Weise lassen sich die als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 und 18 so auf dem Werkstück 10 anordnen, dass mit besonders einfachen konstruktiven Mitteln eine Vielzahl von unterschiedlichen

5 Messstellen realisiert werden kann.

Nach einer ersten vorteilhaften Alternative zur Weiterbildung der Erfindung sind die optischen Fasern 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 und 18 unmittelbar auf die Oberfläche des Werkstücks aufgeklebt. Hierzu können die optischen Fasern zum Beispiel mit einem

10 Klebstoff auf dem Werkstück aufgebracht werden, der üblicherweise für das Aufbringen von Dehnungsmessstreifen verwendet wird. Auch lassen sich die optischen Fasern mit Hilfe bekannter Laminierverfahren auf der Oberfläche des Werkstücks 10 aufkleben.

Alternativ hierzu ist es auch möglich, dass die optischen Fasern 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17

15 und 18 in die Oberfläche des Werkstücks 10 integriert sind. In diesem Fall sind in die Oberfläche des Werkstücks 10 Ausnehmungen eingebracht, die vorzugsweise über eine Breite von 0,2 bis 0,25 mm und einer Tiefe von 0,3 mm verfügen. Die Ausnehmungen sind demnach hinsichtlich ihrer Breite und Tiefe an den Durchmesser der als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 und 18 angepasst.

20 Des weiteren entspricht der Verlauf der Ausnehmungen der geometrischen Konfiguration, mit der die entsprechende optische Faser auf der Oberfläche des Werkstücks 10 angebracht werden soll. Die Ausnehmungen verlaufen demnach entweder gerade oder gekrümmt in Kurvenform oder Kreisbogenform.

25 Durch die Integration der als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern in die Oberfläche des Werkstücks 10 lassen sich Instrumentierungseinflüsse auf das Werkstück auf ein Minimum reduzieren.

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung der erfindungsgemäßen messtechnischen

30 Anordnung an dynamisch belasteten Bauteilen, wie zum Beispiel an Turbinenschaufeln. Es lassen sich Schwingungen und Temperaturen mit den als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern messen. Die Beeinflussung des Bauteils infolge der Instrumentierung bzw. der Anordnung der als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten

optischen Fasern ist minimal. Im Sinne der Erfindung wird eine neue Messtechnik in die Entwicklung und Erprobung von Turbinen eingeführt. Ein derartiger messtechnischer Aufbau ist besonders robust und verfügt über eine lange Lebensdauer.

- 5 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur messtechnischen Instrumentierung von Werkstücken wird mindestens eine optische Faser, die als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildet ist, im Bereich einer Oberfläche des Werkstücks angeordnet. Hierbei ist es wieder möglich, die optischen Fasern entweder unmittelbar auf der Oberfläche des Werkstücks mit einer Klebtechnik oder über ein Laminierverfahren aufzukleben oder auch durch Vergusstechnik
10 in die Oberfläche des Werkstücks zu integrieren.

Zum Abgreifen der Messwerte von den als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern und zum Weiterleiten der Messwerte an eine Auswerteelektronik können ebenfalls optische Fasern verwendet werden. In dem Fall, in dem es sich bei dem zu erprobenden
15 Werkstück 10 um eine Turbinenschaufel handelt, können diese optischen Fasern zur Weiterleitung der Messwerte durch einen Schaufelfuß geführt werden. Dies bewirkt eine Zugentlastung der optischen Fasern.

- Über die in Figur 1 gezeigte geometrische Konfiguration der optischen Fasern 11, 12, 13,
20 14, 15, 16, 17 und 18 hinaus sind weitere geometrische Konfigurationen der optischen Fasern denkbar. So können die optischen Fasern auch diagonal über ein zu erprobendes Werkstück geführt werden.

- Als optische Fasern kommen vorzugsweise hochtemperaturstabile oder polyimidcodierte
25 Glasfasern zum Einsatz, die als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildet sind.

Bezugszeichenliste

5	Werkstück	10
	optische Faser	11
	optische Faser	12
	optische Faser	13
	optische Faser	14
10	optische Faser	15
	optische Faser	16
	optische Faser	17
	optische Faser	18
	Krümmungsabschnitt	19
15	Krümmungsabschnitt	20
	Krümmungsabschnitt	21
	Krümmungsabschnitt	22

Patentansprüche

1. Messtechnische Anordnung zur Prüfung von Werkstücken, mit mindestens einer einem Werkstück (10) zugeordneten optischen Faser (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18), wobei die oder jede optische Faser (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildet ist, und wobei die oder jede optische Faser (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) im Bereich einer Oberfläche des Werkstücks angeordnet ist.
- 10 2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) unmittelbar auf die Oberfläche des Werkstücks (10) aufgebracht, insbesondere aufgeklebt, ist.
- 15 3. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) in die Oberfläche des Werkstücks (10) integriert ist.
4. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die Oberfläche des Werkstücks (10) Ausnehmungen eingebracht sind, deren Breite und Tiefe an den Durchmesser der als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) angepasst ist, und dass in den Ausnehmungen eine optische Faser (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) angeordnet ist.
- 20 5. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einer Oberfläche des Werkstücks (10) mehrere als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildete optische Fasern (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) in unterschiedlicher geometrischer Konfiguration angeordnet sind.
- 30 6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) mit unterschiedlichen Krümmungen auf der Oberfläche des Werkstücks (10) angeordnet sind.

7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser (11, 18) krümmungsfrei in Form einer Geraden auf der Oberfläche des Werkstücks (10) angeordnet ist.
5
8. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser (12, 17) in Form einer abgewinkelten Geraden auf der Oberfläche des Werkstücks (10) derart angeordnet ist, dass ein erster Abschnitt der Faser (12, 17) gegenüber einem zweiten Abschnitt derselben abgewinkelt ist.
10
9. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine dritte als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser (13, 14, 15, 16) derart auf der Oberfläche des Werkstücks (10) angeordnet ist, dass die Faser (13, 14, 15, 16) einen Krümmungsabschnitt von in etwa 90° und/oder einen Krümmungsabschnitt von in etwa 180° aufweist, wobei in dem Krümmungsabschnitts von in etwa 180° benachbarte Abschnitte der entsprechenden optischen Faser (13, 14, 15, 16) in etwa parallel zueinander verlaufen.
15
10. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (10) als dynamisch belastetes Bauteil, insbesondere als Schaufel einer Turbine oder Gehäuse einer Turbine, ausgebildet ist.
20
11. Verwendung einer messtechnischen Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 zur Bestimmung der Eigenschaften eines dynamisch belasteten Bauteils, insbesondere einer Schaufel einer Turbine oder eines Gehäuses einer Turbine.
25
12. Verfahren zur messtechnischen Instrumentierung von Werkstücken, wobei mindestens eine optische Faser, die als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildet ist, im Bereich einer Oberfläche des Werkstücks angeordnet wird.
30

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser unmittelbar auf die Oberfläche des Werkstücks aufgebracht, insbesondere aufgeklebt, wird.
5
14. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede als Bragg-Gitter-Sensor ausgebildete optische Faser in die Oberfläche des Werkstücks integriert wird, wobei in die Oberfläche des Werkstücks Ausnehmungen eingebracht werden, deren Breite und Tiefe an den Durchmesser der als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildeten optischen Fasern angepasst ist, und dass in den Ausnehmungen eine optische Faser angeordnet wird.
10
15. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einer Oberfläche des Werkstücks mehrere als Bragg-Gitter-Sensoren ausgebildete optische Fasern in unterschiedlicher geometrischer Konfiguration, insbesondere mit unterschiedlichen Krümmungen, angeordnet werden.
15

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine messtechnische Anordnung zur Prüfung von Werkstücken, mit
5 mindestens einer einem Werkstück (10) zugeordneten optischen Faser (11, 12, 13, 14, 15,
16, 17, 18), wobei die oder jede optische Faser (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) als Bragg-
Gitter-Sensor ausgebildet ist, und wobei die oder jede optische Faser (11, 12, 13, 14, 15,
16, 17, 18) im Bereich einer Oberfläche des Werkstücks angeordnet ist.

10 (Fig. 1)



